



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN

ISSN : 2085-2614

JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>

## Analisis Potensi Sumberdaya Air Daerah Aliran Sungai Singkil Menggunakan Model Tangki

Mustafril<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala  
Email : mustaf\_stmsi@yahoo.com

### Abstrak

Kebutuhan air terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, sedangkan air yang tersedia tidak selalu sejalan antara kebutuhannya menurut volume, tempat, waktu dan kualitasnya. Model-model hidrologi berdasarkan Tank Model telah dikembangkan dalam penelitian di Indonesia dan di dunia untuk memprediksi potensi sumberdaya air dalam suatu DAS. Optimasi parameter Tank Model dapat menggunakan Artificial Neural Network (ANN) yang mempunyai kemampuan untuk belajar dari data dan tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai model optimal. Tujuan analisis ini untuk menentukan seberapa besar potensi sumberdaya air di DAS Singkil berdasarkan optimasi parameter Tank Model. Hasil optimasi keseimbangan air parameter Tank Model DAS Singkil meliputi: karakteristik hidrologi DAS Singkil meliputi debit minimum 3,60 mm/hari, debit maksimum 17,80 mm/hari, dan rasio debit maksimum/minimum 4,94. Indikator kesalahan Tank Model DAS Singkil meliputi: R (Coefficient of Correlation) sebesar 0,6471, MAE (Mean Absolute Error) dan RMSE (Root Square Mean Error) masing-masing 2,18 dan 2,73. Total inflow 3.189,48 mm/tahun dan total outflow 3.155,64 mm/tahun, yang terdiri dari: surface flow 11,75 mm/tahun, subsurface flow 669,84 mm/tahun, intermediate flow 62,05 mm/tahun, subbase flow 0,74 mm/tahun, dan base flow 2.411,26 mm/tahun. Berdasarkan total baseflow volume ketersediaan air total yang mengalir di Sungai Singkil mencapai  $12.164 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$ . Potensi sumberdaya air DAS Singkil untuk keperluan pertanian mencapai  $3.438,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$

**Kata Kunci** : model tangki, optimasi, daerah aliran sungai, jaringan saraf tiruan

## Analysis of Potential Water Resources at Singkil Watershed using Tank Model

Mustafril<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University  
Email : mustaf\_stmsi@yahoo.com

### Abstract

Water demand continues to increase as the population growth, while the availability of water is not always consistent with the needs in terms of volume, place, time and its quality. Tank based hydrological models have been developed in many researches in Indonesia and in the world to predict the potential of water resources in a watershed. The optimization of tank model parameter could be performed by using Artificial Neural Network (ANN), which has the capability to review the data and does not need much time to reach its optimized model. The purpose of this analysis is to determine the extent of a water resource potential in the Singkil Watershed based on the optimization of Tank model parameter. Results of the optimization of water balance of tank model parameter in Singkil Watershed include: hydrology characteristics of Singkil Watershed consisting of minimum debit of 3.60 mm/day, maximum debit 17.80 mm/day, and ratio of maximum/minimum debit is 4.94. Error indicators of Tank model in Singkil Watershed include Coefficient of Correlation (R), which is 0.6471, Mean Absolute Error (MAE) and Root Square Mean Error (RMSE), which are 2.18 and 2.73, respectively. Several parameters obtained include total inflow (3,189.48 mm/year) and total outflow (3,155.64 mm/year)

consisting of surface flow 11.75 mm/year, subsurface flow (669.84 mm/year), intermediate flow (62.05 mm/year), sub-base flow (0.74 mm/year), and base flow (2,411.26 mm/year). Based on the total base flow, the total volume of water availability flowing in Singkil River reaches  $12,164 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ . The potential of water resources in Singkil Watershed for agriculture is  $3,438.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$

**Keywords :** tank model, optimization, watershed, artificial neural networks

## **PENDAHULUAN**

Kebutuhan air terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, sedangkan air yang tersedia tidak selalu sejalan antara kebutuhannya menurut volume, tempat, waktu dan kualitasnya. Keadaan ini sering mengakibatkan timbulnya masalah karena tidak seimbang antara kebutuhan dan ketersediaan air baik volume, waktu dan tempat tertentu. Kondisi ini menyebabkan sumberdaya air dapat menjadi barang langka dan meningkatkan nilai ekonomi air. Pada saat ini kebutuhan air mungkin dapat terpenuhi, namun untuk masa yang akan datang ketersediaan air menjadi faktor penentu dalam pendistribusian air dan dapat berakibat terjadinya krisis air. Potensi sumberdaya air sebagai air baku merupakan air yang dibutuhkan dalam proses produksi maupun air untuk kebutuhan sehari-hari yang pada umumnya berasal dari air hujan, air danau, air tanah dan air sungai. Pengelolaan potensi sumberdaya air secara optimal merupakan pemanfaatan sumberdaya air secara efisien sesuai dengan peruntukannya. Kebutuhan sumberdaya air untuk domestik, pertanian dan industri. Kebutuhan air suatu wilayah berbanding lurus dengan perkembangan jumlah penduduk, produksi pertanian dan industri. Seiring dengan perkembangan ketiga sektor tersebut akan meningkatkan kebutuhan air (Putri dan Saptomo, 2013).

Tingkat kebutuhan dasar sumberdaya air berkisar 20–30 liter/jiwa/hari. Sedangkan kebutuhan air untuk industri dapat dikategorikan berdasarkan banyaknya pemakaian, masing-masing untuk industri besar berkisar 151–350 m<sup>3</sup>/hari, industri sedang berkisar 51–151 m<sup>3</sup>/hari, dan industri kecil berkisar 5–50 m<sup>3</sup>/hari (Purwanto, 1995). Selanjutnya kebutuhan air untuk pertanian adalah besarnya evapotranspirasi yang dibutuhkan setiap tanaman untuk tumbuh dan berkembang dari pengolahan tanah sampai panen atau selama periode tumbuh (Doorenbos & Pruitt, 1975).

Daerah aliran sungai (DAS) adalah sebagai suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh faktor biofisik yang bersifat alami dan faktor non biofisik. Faktor biofisik terutama berupa vegetasi, hewan dan satwa liar, jasad renik, keadaan tanah dan iklim (Haeruman et al., 1986). Adapun faktor-faktor non bio-fisik pada hakekatnya terdiri dari: penduduk, budaya, sosial, ekonomi, tatanan kelembagaan, dan persepsi tentang lingkungan hidupnya. Luas DAS Singkil 1.127.000 ha dengan panjang Sungai Singkil 380 km, lebar sungai maksimum 290 m,

kemiringan dasar sungai (slope) 0,001 dan debit maksimum mencapai 97,58 m<sup>3</sup>/detik (Dirjen SDA, 2009)

Potensi air yang tersedia menggambarkan kemampuan sumberdaya air dalam memenuhi kebutuhan sehingga perlu dilakukan analisis ketersediaan dan kebutuhan air. Analisis potensi sumberdaya air menggunakan data curah hujan, debit aliran sungai Singkil dan hasil perhitungan evapotranspirasi yang terjadi berdasarkan data iklim. Model hidrologi yang digunakan adalah model tangki. Tank Model tersebut menggambarkan hubungan antara besar curah hujan dan evapotranspirasi berdasarkan beberapa parameter fisik DAS. Kelebihan Tank Model yaitu dapat menjelaskan distribusi waktu curah hujan dan beberapa komponen surface flow, subsurface flow, karakteristik infiltrasi dan storage.

Pada tahun 1990-an mulailah digunakannya Jaringan Saraf Tiruan (JST) atau Artificial Neural Networks (ANN) untuk model hidrologi. ANN mempunyai kemampuan untuk belajar dari data dan tidak membutuhkan waktu yang lama dalam pembuatan model. Selain itu ANN juga mempunyai sifat nonlinier. ANN mampu mengidentifikasi struktur model dan ANN juga efektif dan mampu menghubungkan input output simulasi dan model peramalan tanpa membutuhkan struktur internal DAS (Setiawan dan Rudyanto, 2004b).

ANN untuk mengevaluasi rainfall-runoff dan memprediksi aliran sungai pada 2 buah DAS, yaitu DAS Terauchi, Jepang dan DAS Cidanau, Indonesia telah dikembangkan oleh Setiawan dan Rudyanto (2004a; 2004b), dan mampu dengan baik menduga runoff DAS Terauchi dan DAS Cidanau. Model ini juga telah dibuat dalam paket program komputer yang siap dikembangkan untuk DAS-DAS lainnya.

Tujuan analisis adalah untuk menentukan seberapa besar potensi sumberdaya air di DAS Singkil berdasarkan analisis hidrologi menggunakan Tank Model. Analisis ini menggunakan perangkat lunak Optimasi Tank Model berbasis Visual Basic Application for Microsoft Excel 2003 yang dikembangkan oleh Setiawan (2003), kajian ini akan menghasilkan optimasi parameter Tank Model dan potensi sumberdaya air DAS Singkil.

## **METODE PENELITIAN**

Analisis Potensi Sumberdaya Air DAS Singkil Menggunakan *Tank Model* dilakukan dengan menggunakan data hasil pengukuran curah hujan dan ketinggian permukaan air secara otomatis yang dipasang sejak tahun 2008 sampai tahun 2009 di Sungai Singkil yang berada di Kecamatan Rundeng Kota Subulussalam. Pengukuran curah hujan dan ketinggian air sungai menggunakan interval setiap 10 menit. Hasil pengukuran curah hujan dikonversi menjadi data curah hujan harian, sementara ketinggian permukaan sungai diambil ketinggian

rata-rata selama satu hari. Berdasarkan ketinggian permukaan air rata-rata dapat dihitung debit Sungai Singkil di lokasi pengukuran Desa Pasar Rundeng Kecamatan Rundeng menggunakan persamaan *rating curve*  $Q = 0,1649 H^{2,8884}$  yang dihasilkan berdasarkan metode perhitungan debit sungai menggunakan *Cubic Spline Interpolation* (Setiawan, dkk., 2007).

Perhitungan evapotranspirasi menggunakan data stasiun klimatologi Blang Bintang tahun 2008 sampai tahun 2009 dengan metode Hargreaves. Dalam kondisi ketersediaan data yang terbatas metode ini direkomendasikan FAO untuk menentukan nilai ETo. Penentuan ETo menggunakan metode Hargreaves karena keterbatasan data klimatologi di wilayah studi dengan menggunakan persamaan berikut ini:

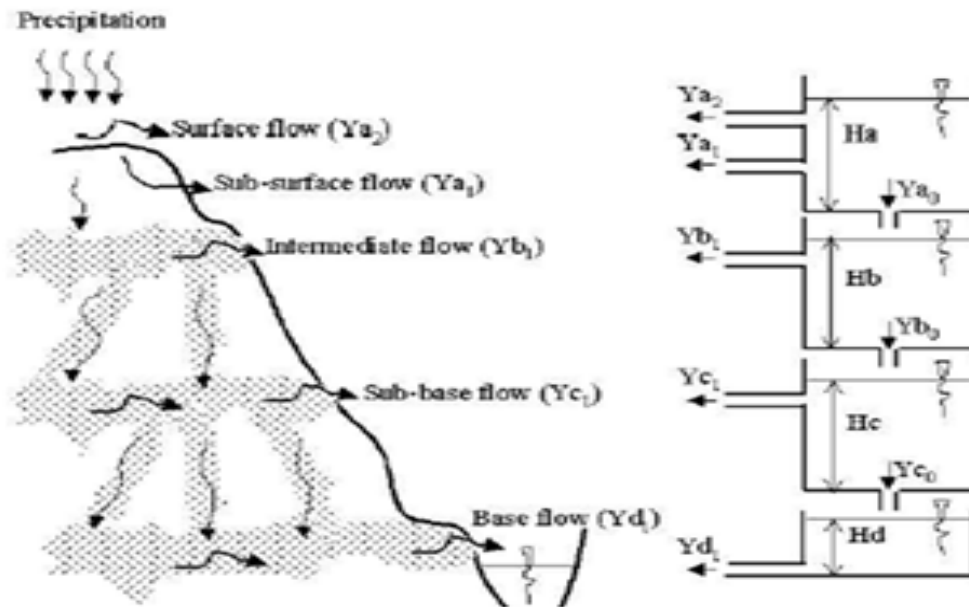
$$ET_o = 0.0023(T_{mean} + 17.8)\sqrt{(T_{max} - T_{min})}R_a \dots\dots\dots(1)$$

Dimana: **ETo** = evapotranspirasi standar (mm/hari), **T<sub>mean</sub>** = suhu rata-rata (°C), **T<sub>max</sub>** = suhu maksimum (°C), **T<sub>min</sub>** = suhu minimum (°C), **R<sub>a</sub>** = radiasi matahari *extraterrestrial* (MJ/m<sup>2</sup>/hari).

## 1. Prinsip Dasar Tank Model

Model-model hidrologi berdasarkan *Tank Model* telah dikembangkan dalam penelitian di Indonesia, terutama berkaitan dengan penelitian bersama antara peneliti Indonesia dan Jepang untuk DAS Cidanau (Heryansyah *et al.*, 2003; Heryansyah *et al.*, 2004; Setiawan *et al.*, 2003; Setiawan dan Rudyanto, 2004a) dan DAS Terauchi, Jepang (Setiawan dan Rudyanto, 2004b). Model ini dapat digunakan sebagai alat untuk perhitungan-perhitungan hidrologi seperti *run-off*, banjir dan sebagainya, maupun sebagai dasar perhitungan kualitas air baik di dalam aliran sungai maupun di lahan pertanian.

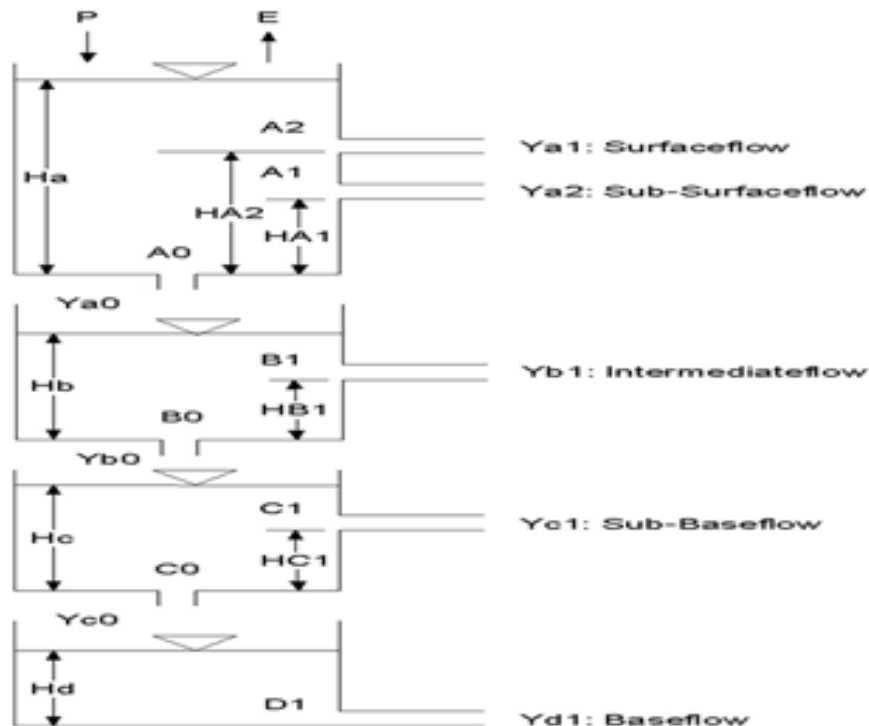
Model ini tersusun atas banyak tangki-tangki sederhana yang memiliki *outlet*, yang tersusun vertikal satu di atas lainnya. Struktur yang dikemukakan oleh Sugawara (1974) untuk kasus di daerah beriklim lembab terdiri atas 4 buah tangki dalam susunan vertikal (Gambar 1), yang dikenal sebagai tank model standar. Tank teratas menggambarkan *surface storage* (A), tank kedua menggambarkan *intermediate storage* (B), tank ketiga menggambarkan *sub-base storage* (C) dan tank terbawah menggambarkan *base storage* (D).



Gambar 1. Skema Standard Tank Model (Setiawan, 2003)

Hujan sebagai input sistem hidrologi, ditransfer menjadi output sebagai aliran (*discharge*). Aliran total adalah penjumlahan aliran dari lubang outlet horinzontal setiap tank. Intensitas *rainfall* sangat berpengaruh terhadap perilaku Tank Model. Hal ini seperti perkolasi air yang turun ke bawah melalui lubang outlet vertikal tank akan mempresentasikan besarnya infiltrasi dan aliran yang melalui lubang outlet horizontal tank mempresentasikan teratas besarnya *surface flow* ( $Y_{a2}$ ) dan *sub-surface flow* ( $Y_{a1}$ ) (limpasan), tank kedua mempresentasikan besarnya *intermediate flow* ( $Y_b$ ), tank ketiga mempresentasikan besarnya *sub-base flow* ( $Y_c$ ) dan tank terbawah mempresentasikan besarnya *base flow* ( $Y_d$ ). Infiltrasi yang melalui lubang outlet vertikal dan aliran yang melalui lubang outlet horizontal tank dikuantifikasikan oleh parameter-parameter Tank Model (Tingsanchali, 2001).

Parameter-parameter Tank Model (lihat Gambar 2) dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu: 1) *Runoff coefficients* masing-masing tank (A, B, C dan D) yang dinotasikan  $A_1, A_2, B_1, C_1$  dan  $D_1$ ; 2) *Infiltration coefficients* masing-masing tank (A, B dan C) yang dinotasikan  $A_0, B_0$  dan  $C_0$ ; 3) *Storage parameter* sebagai tinggi lubang outlet horizontal masing-masing tank (A, B dan C) yang dinotasikan  $H_{A1}, H_{A2}, H_{B1}$  dan  $H_{C1}$ . Sehingga secara keseluruhan parameter pada standard Tank Model berjumlah 12 parameter.



Gambar 2. Standar Tank Model untuk Analisis keseimbangan air dinamis (Setiawan, 2003)

Setiawan (2003) menyebutkan secara global persamaan keseimbangan air *Tank Model* adalah sebagai berikut:

$$\frac{dH}{dt} = P(t) - ET(t) - Y(t) \quad \dots\dots\dots(2)$$

dimana, H adalah tinggi air (mm), P hujan (mm), ET evapotranspirasi (mm), Y aliran total (mm/hari) dan t waktu (hari). Pada Standard tank model terdapat 4 tank, sehingga persamaan 2 dapat dituliskan kedalam bentuk lain berupa perubahan tinggi air tiap-tiap tank adalah sebagai berikut:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{dHa}{dt} + \frac{dHb}{dt} + \frac{dHc}{dt} + \frac{dHd}{dt} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Aliran total merupakan penjumlahan aliran horizontal setiap tank yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$Y(t) = Ya(t) + Yb(t) + Yc(t) + Yd(t) \quad \dots\dots\dots(4)$$

Lebih rinci keseimbangan air dalam setiap Tank dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{dHa}{dt} = P(t) - ET(t) - Ya(t) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{dHb}{dt} = Ya_0(t) - Yb(t) \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{dHc}{dt} = Yb_0(t) - Yc(t) \dots\dots\dots(7)$$

$$\frac{dHd}{dt} = Yc_0(t) - Yd(t) \dots\dots\dots(8)$$

dimana, Ya, Yb, Yc dan Yd komponen aliran horizontal setiap tank (A, B, C dan D) dan Ya<sub>0</sub>, Yb<sub>0</sub> dan Yc<sub>0</sub> aliran vertikal (*infiltrasi*) setiap tank (A, B dan C)

Berdasarkan karakteristik Tank Model, *outflow* pada masing-masing tank dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

#### Tank A

$$Ya(t) = Ya_1(t) + Ta_2(t) \dots\dots\dots(9)$$

$$Ya_0 = A0Ha(t) \dots\dots\dots(10)$$

dengan syarat:

$$Ya_1(t) = \begin{cases} A1(Ha(t) - HA1); HA1 < Ha(t) \\ 0; HA1 \geq Ha(t) \end{cases}$$

$$Ya_2(t) = \begin{cases} A2(Ha(t) - HA2); HA2 < Ha(t) \\ 0; HA2 \geq Ha(t) \end{cases} \dots\dots\dots(12)$$

.....(11)

#### Tank B

$$Yb_0(t) = B0Hb(t) \dots\dots\dots(13)$$

$$Yb(t) = \begin{cases} B1(Hb(t) - HB1); HB1 < Hb(t) \\ 0; HB1 \geq Hb(t) \end{cases} \dots\dots\dots(14)$$

#### Tank C

$$Yc_0(t) = C0Hc(t) \dots\dots\dots(15)$$

$$Yc(t) = \begin{cases} C1(Hc(t) - HC1); HC1 < Hc(t) \\ 0; HC1 \geq Hc(t) \end{cases} \dots\dots\dots(16)$$

#### Tank D

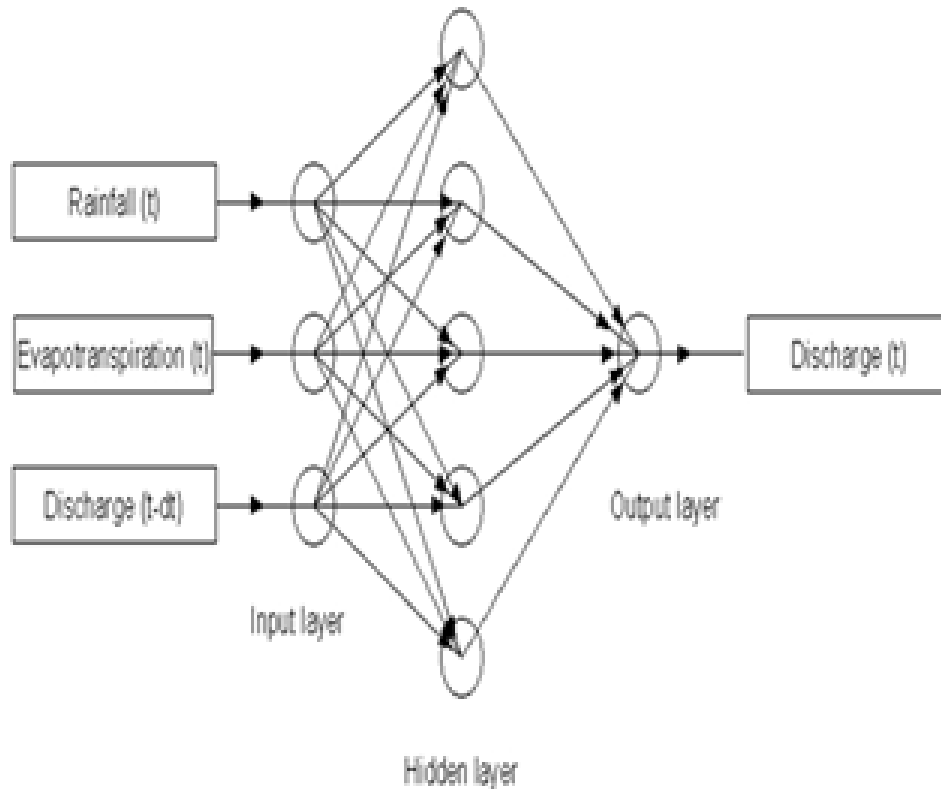
$$Yd_1(t) = D1Hd(t) \dots\dots\dots(17)$$

Pelaksanaan prakteknya, aliran total (Y) sering dinyatakan sebagai akumulasi aliran air dari suatu daerah pergerakan air. Dalam suatu DAS aliran total merupakan debit sungai. Pada

kenyataannya pasti terdapat jenis aliran lainnya yang sulit didefinisikan yang akan berpengaruh pada keseimbangan air.

### ***Artificial Neural Networks***

Menggunakan ANN menunjukkan keberhasilan dalam prediksi debit DAS, namun tidak dapat menunjukkan hasil yang sesuai dengan kondisi aktual saat terjadi perubahan lingkungan pada DAS tersebut Cidanau (Setiawan & Rudiyanto, 2004a). Untuk kalibrasi model data-data primer maupun sekunder curah hujan harian, evapotranspirasi dan debit sangat dibutuhkan. Sehingga dalam pembangunan model-model hidrologi ini untuk suatu DAS diperlukan pengumpulan data-data hidrologi baik dari data yang telah ada maupun pengukuran dan pengamatan langsung di lapang. Gambar 3 menunjukkan model ANN yang mempergunakan variabel input berindeks waktu pada 3 node inputnya seperti digunakan dalam Setiawan dan Rudiyanto (2004b). Struktur ANN ini memiliki 3 lapisan yaitu input, *hidden*, dan *output* dengan 5 *node* tersembunyi (*hidden*) dan 1 *node* keluaran yaitu debit keluaran (*discharge*).



Gambar 3. Stuktur *Artificial Neural Networks* (Setiawan dan Rudiyanto, 2004b)



Metode ANN dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$H_j = \sum_i v_{ji} x_i \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$y_j = f(H_j) \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$I_k = \sum_j w_{kj} y_j \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$z_k = f(I_k) \quad \dots\dots\dots(21)$$

dengan  $x$  sebagai input,  $v$  bobot dari *input node* ke *hidden node*,  $w$  adalah bobot dari *hidden node* ke *output node*, and  $f$  adalah fungsi sigmoid:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\chi x}} \quad \dots\dots\dots(22)$$

dimana  $\chi$  adalah *gain* atau *slope* dari fungsi *sigmoid*.

## 2. Indikator Keandalan Tank Model

Analisis statistik akan dilakukan terhadap performansi model dengan membandingkan data keluaran model dengan data aktual, mempergunakan metode statistika yang umum digunakan yaitu:  $R^2$  (*Coefficient of Determination*),  $R$  (*Coefficient of Correlation*) RMSE (*Root Square Mean Error*), dan MAE (*Mean Absolute Error*), yang dituliskan dalam persamaan-persamaan berikut..

$$R^2 = \frac{\left( \sum_{i=1}^N \left( Qc_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Qc_i \right) \left( Qo_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Qo_i \right) \right)^2}{\sum_{i=1}^N \left( Qc_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Qc_i \right)^2 \sum_{i=1}^N \left( Qo_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Qo_i \right)^2} \quad \dots\dots\dots(23)$$

$$R_c = \sqrt{R^2} \quad \dots\dots\dots(24)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Qc_i - Qo_i)^2} \quad \dots\dots\dots(25)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Qc_i - Qo_i| \quad \dots\dots\dots(26)$$

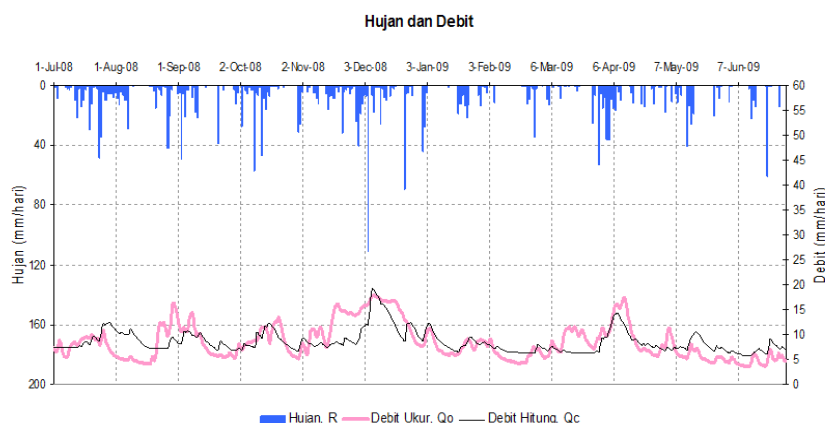


terbesar terjadi HA2 diikuti oleh HC1, HB1, dan HA1. Semakin besar *storage parameter* akan semakin kecil aliran air yang dihasilkan dan sebaliknya.

Tabel 1. Parameter Tank Model DAS Singkil Tahun 2008-2009

Parameter	Nilai
A0	0.104
A1	0.056
A2	0.001
B0	0.201
B1	0.001
C0	0.281
C1	1.000
D0	0.001
HA1	1.000
HA2	24.421
HB1	15.787
HC1	18.517

Hasil analisis menggunakan *Tank Model* dengan perangkat lunak optimasi parameter *Tank Model* yang telah dikembangkan oleh Setiawan *et al.* (2003), maka kurva hidrograf DAS Singkil dari Tanggal 30 Juni 2008 – 1 Juli 2009 disajikan pada Gambar 4. Terlihat bahwa debit hitung belum mengikuti debit ukur dengan tepat, namun pola debit hitung mengikuti curah hujan sedangkan debit ukur tidak mengikuti curah hujan. Keadaan ini disebabkan oleh lokasi pengukuran curah hujan dan AWLR berada pada lokasi yang sama, sementara bagian hulu DAS Singkil cukup luas, seharusnya penempatan alat ukur curah hujan berada lebih ke hulu dari lokasi pengukuran AWLR, dimana lokasi AWLR menjadi *outlet* DAS tersebut. Hasil pengukuran debit dari 30 Juni 2008 sampai 1 Juli 2009 adalah debit minimum 3,60 mm/hari, debit maksimum 17,80 mm/hari, dan rasio debit maksimum/minimum 4,94.



Gambar 5. Kurva hidrograf DAS Singkil hasil verifikasi *Tank Model*

Hidrograf DAS Singkil hasil optimasi menunjukkan indikator korelasi R antara debit hitung dengan debit observasi cukup tinggi mencapai 0,6471 dengan nilai mendekati 1 maka *Tank Model* yang didapatkan dari optimasi mampu merepresentasikan kondisi lapang cukup baik. Sementara itu, indikator kesalahan (*error*) *Tank Model*, MAE dan RMSE berturut-turut 2,18 dan 2,73. Hidrograf DAS Singkil disajikan pada Gambar 5.

Parameter keseimbangan air hasil optimasi *Tank Model* DAS Singkil menunjukkan total *inflow* 3.189,48 mm/tahun dan total *outflow* 3.155,64 mm/tahun, yang terdiri dari: *surface flow* 11,75 mm/tahun, *subsurface flow* 669,84 mm/tahun, *intermediate flow* 62,05 mm/tahun, *subbase flow* 0,74 mm/tahun, dan *base flow* 2.411,26 mm/tahun. Berdasarkan total *baseflow* dapat dihitung ketersediaan air total yang mengalir di Sungai Singkil dalam wilayah DAS Singkil dari *outlet* lokasi pengukuran ke hulu. Luas DAS Singkil dari *outlet* ke hulu seluas 504.469,10 ha. Sehingga volume ketersediaan air total yang mengalir di Sungai Singkil di lokasi pengukuran mencapai  $2.411,26 \text{ mm/tahun} \times 504.469,10 \text{ ha} = 12.164 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$ . Ketersediaan air di DAS Singkil untuk keperluan pertanian berdasarkan hasil optimasi *Tank Model* DAS Singkil adalah jumlah *surface flow* dan *subsurface flow* dengan volume mencapai  $(11,75 \text{ mm/tahun} + 669,84 \text{ mm/tahun}) \times 504.469,10 \text{ ha} = 3.438,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$ .

## KESIMPULAN

Hasil analisis menggunakan parameter keseimbangan air DAS Singkil berdasarkan optimasi parameter *Tank Model* DAS Singkil adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik hidrologi DAS Singkil meliputi debit minimum 3,60 mm/hari, debit maksimum 17,80 mm/hari, dan rasio debit maksimum/minimum 4,94.
2. Indikator kesalahan *Tank Model* DAS Singkil meliputi R (*Coefficient of Correlation*) 0,6471, MAE (*Mean Absolute Error*) 2,18 dan RMSE (*Root Square Mean Error*) 2,73.
3. Total *inflow* 3.189,48 mm/tahun dan total *outflow* 3.155,64 mm/tahun, yang terdiri dari: *surface flow* 11,75 mm/tahun, *subsurface flow* 669,84 mm/tahun, *intermediate flow* 62,05 mm/tahun, *subbase flow* 0,74 mm/tahun, dan *base flow* 2.411,26 mm/tahun.
4. Berdasarkan total *baseflow* volume ketersediaan air total yang mengalir di Sungai Singkil mencapai  $12.164 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$ .
5. Potensi sumberdaya air DAS Singkil untuk keperluan pertanian mencapai  $3.438,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- [Dirjen SDA] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Departemen Pekerjaan Umum. 2009. Data Sungai Indonesia. [Http://www.pu.go.id/satminkal/INDEX.ASP?SITE\\_ID=10306](http://www.pu.go.id/satminkal/INDEX.ASP?SITE_ID=10306) [21 NOPEMBER 2009].
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O. 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. FAO. Rome.
- Heryansyah, A., Purwanto, M.J.P., Goto A. 2003. Runoff Modelling in Cidanau Watershed, Banten Province, Indonesia, Proceedings of the 2nd Seminar Toward Harmonization Between Development and Environmental Conservation in Biological Production, JSPS-DGHE Core University Program in Applied Biosciences, The University of Tokyo, Japan, pp 13~18.
- Heryansyah, A., Goto, A., Yanuar, M.J.P. 2004. Runoff Modeling as a Basis of a Water Quality Hydrological model for Cidanau Watershed, Banten Province, Indonesia. Proceedings of the 3rd Seminar Toward Harmonization Between Development and Environmental Conservation in Biological Production, JSPS-DGHE Core University Program in Applied Biosciences, Banten, Indonesia, 01-3.1~11.
- Purwanto, M.Y.J. 1995. Water Demand for Industry, Village, And City. Labotory seminar on Water Demand and Developing Country. The University of Tokyo. Japan.
- Putri, A.F.B. dan Saptomo, S.K., 2013. Analisis Debit Air DAS Cipasauran. Makalah Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Setiawan, B.I., Suprayogi, S., Suhartanto, E. 2003. Drafting A Master Plan for Soil and Water Conservation in Cidanau Watershed. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Seminar. Toward Harmonization between Development and Environmental Conservation in Biological Production. JSPS-DGHE Core University Program in Applied Biosciences. Tokyo, Japan.
- Setiawan, B.I., Fukuda, T., Nakano, Y. 2003. Developing procedures for optimization of Tank models parameters. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript L W 01 006. June 2003.
- Setiawan, B.I., Rudiyanto. 2004a. Hydrological model for Cidanau Watershed. Proceedings of the 3rd Seminar Toward Harmonization Between Development and Environmental Conservation in Biological Production, JSPS-DGHE Core University Program in Applied Biosciences, Banten, Indonesia, pp: P1-1.1~10, 2004.
- Setiawan, B.I., Rudiyanto. 2004b. Aplikasi Neural Networks untuk Prediksi Aliran Air Sungai (Studi Kasus DAS Cidanau, Indonesia dan DAS Terauchi, Jepang). Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi 2004 Perkembangan simulasi dan Komputasi dalam Industri di Indonesia Saat Ini. BPPT. Hal. 61-66
- Setiawan, B.I., Rudiyanto, Idkham, M., Mustafiril, Yasar, M., Devianty. 2007. Perbaikan Metode Perhitungan Debit Sungai Menggunakan *Cubic Spline Interpolation*. Jurnal Keteknikan Pertanian. Vol. 21. No.3, September 2007. Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia. Bogor, hal.307-312.
- Sugawara, M.1974. Tank model and its application to Bird Creek, Wollombi Brook, Bikin River, Kitsu River, Sanga River and Nam Mune. Research Note, *National Research Center for Disaster Prevention*, No. 11, Kyoto, Japan, 1-64.
- Tingsanchali, T. 2001. Aplication combined Tank model and AR model in flood foorecasting. <http://www.dhissoftware.com/uc2001/papers01/057/057.htm> [21 Agustus 2007]: 13 p.